



VIGNOBLES DU
SUD-OUEST
DE CORDOUBE & L'ORIENTALITE

FLAVESCENCE DOREE: AVANCEES DES RECHERCHES POUR AMELIORER LA SURVEILLANCE ET LA LUTTE

Audrey Petit (IFV) et Sylvie Malembic-Maher (INRAE)

PNDV Tour Sud-ouest 5 et 6 mars 2024



PLAN NATIONAL
DÉPÉRISSEMENT DU  **IGNOLE**





La flavescence dorée : un vecteur et un phytoplasme

Brefs rappels : biologie de la FD et principes de lutte

Plantation de matériel sain

Elimination des pieds symptomatiques

Supprimer les vignes ensauvagées

Pas de phytoplasme

Ne pas utiliser de plants de vignes saines

Réserve phytoplasme

Scaphoideus titanus

Traitements obligatoires

Un vecteur

Supprimer les vignes ensauvagées

Pas de vecteur

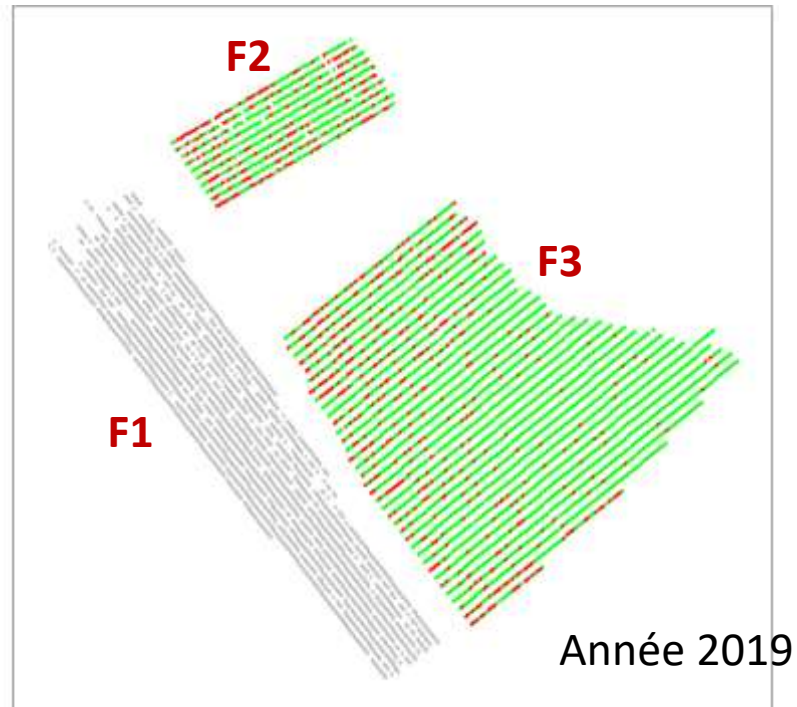
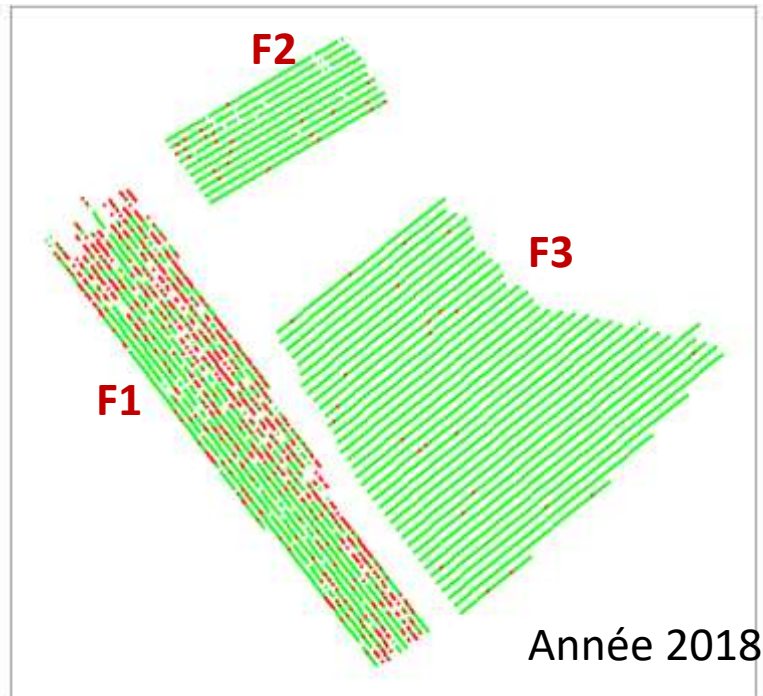




Dispersion et dynamique de la FD

Dispersion à courte distance

- 3 parcelles infectées en Bordelais
- F1 Cabernet Sauvignon, F2 + F3 Merlot
- Les ceps infectés sont arrachés chaque année mais les traitements insecticides n'ont pas été réalisés.

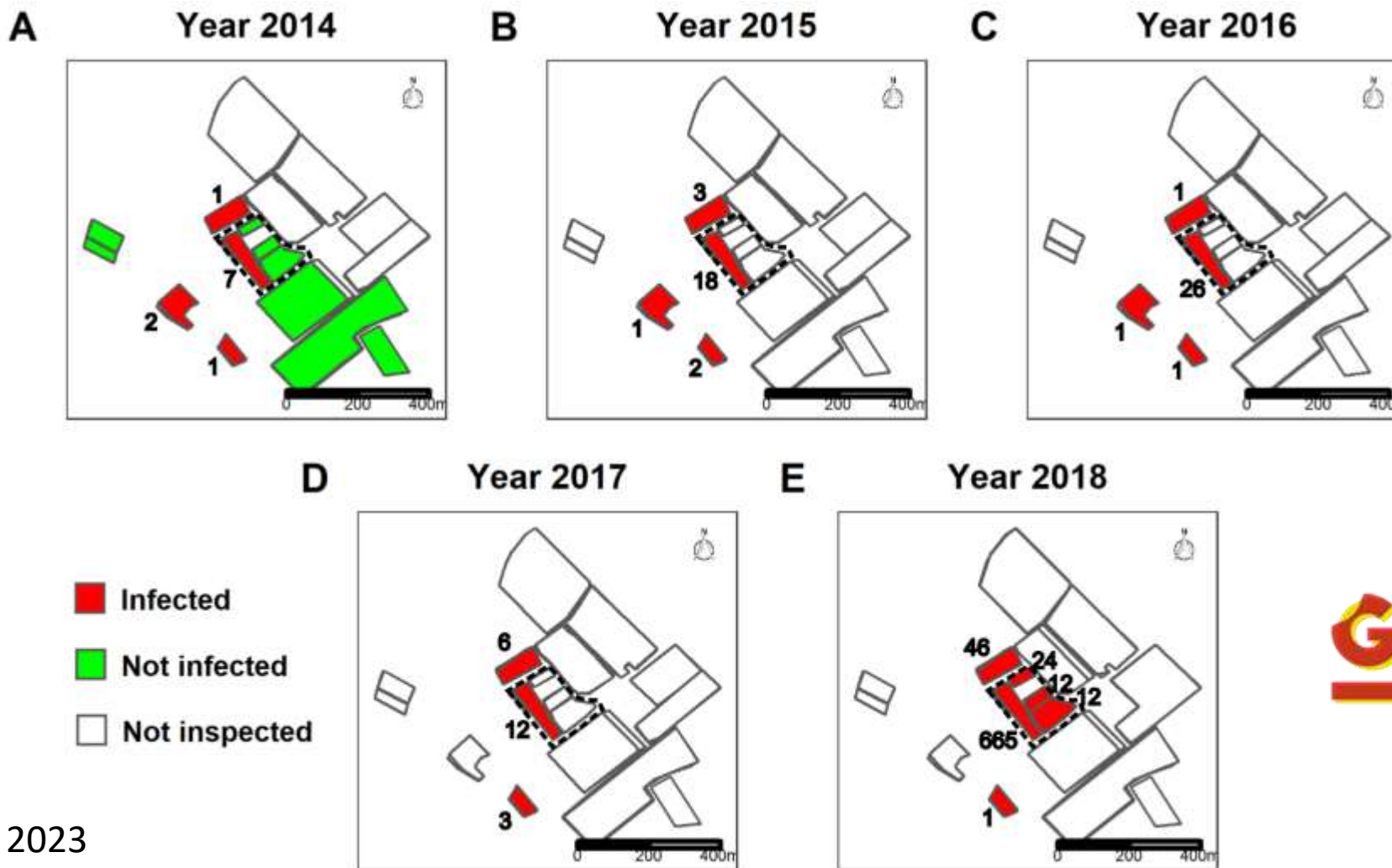


Legende :

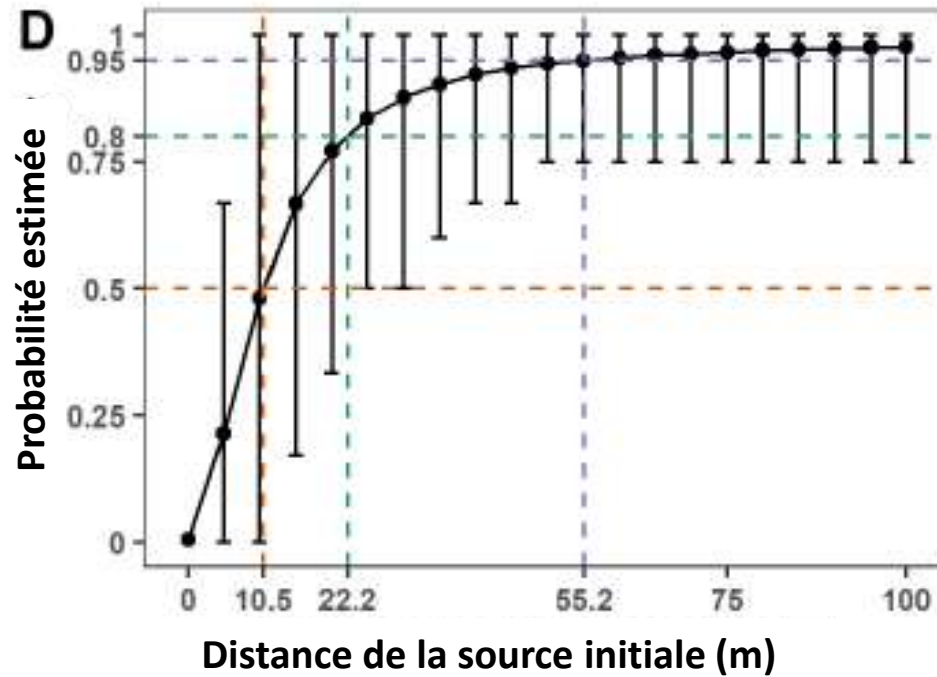
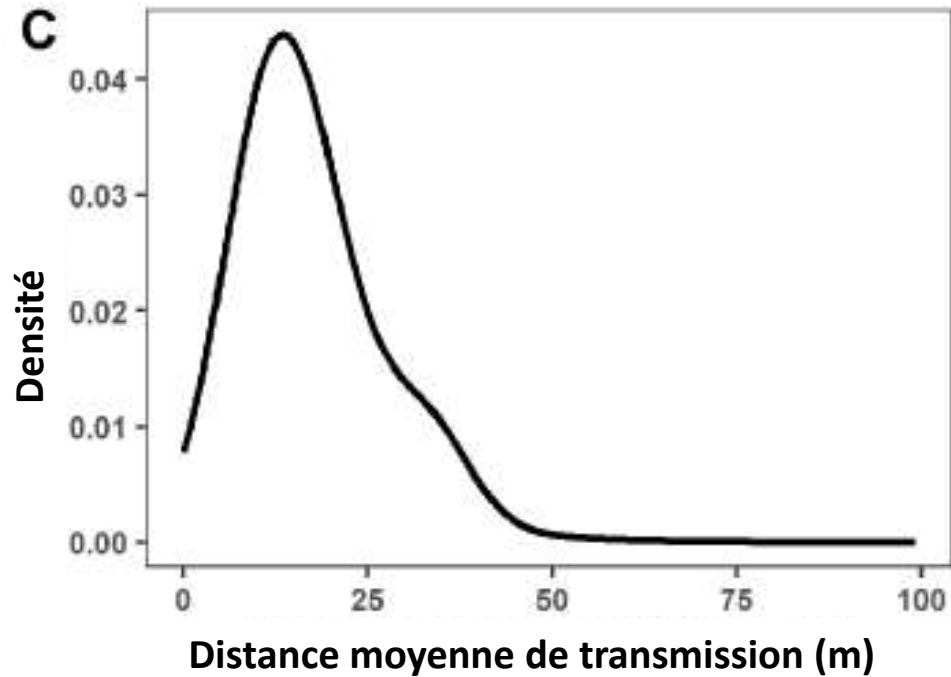
- Symptomatique (rouge),
- Arraché l'hiver précédent (gris),
- Manquant (blanc),
- Sans symptômes (vert)

Dispersion à courte distance

- Infection des parcelles dans un rayon de 300 m

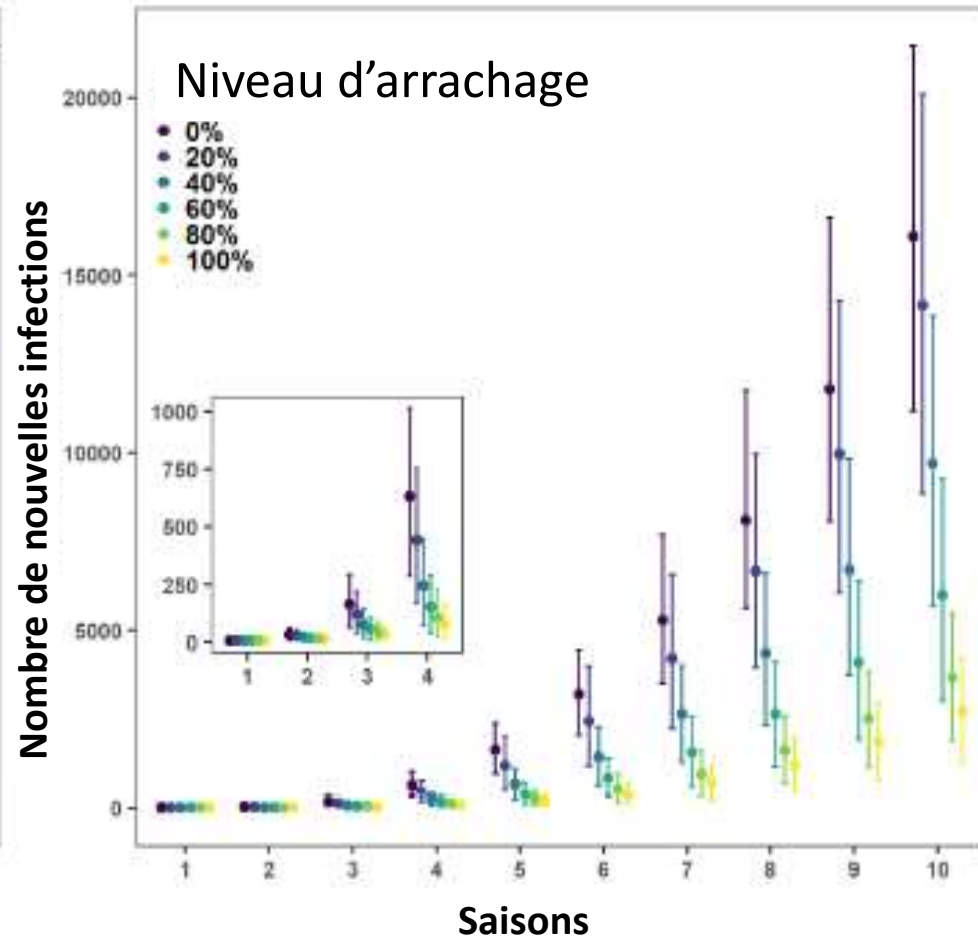
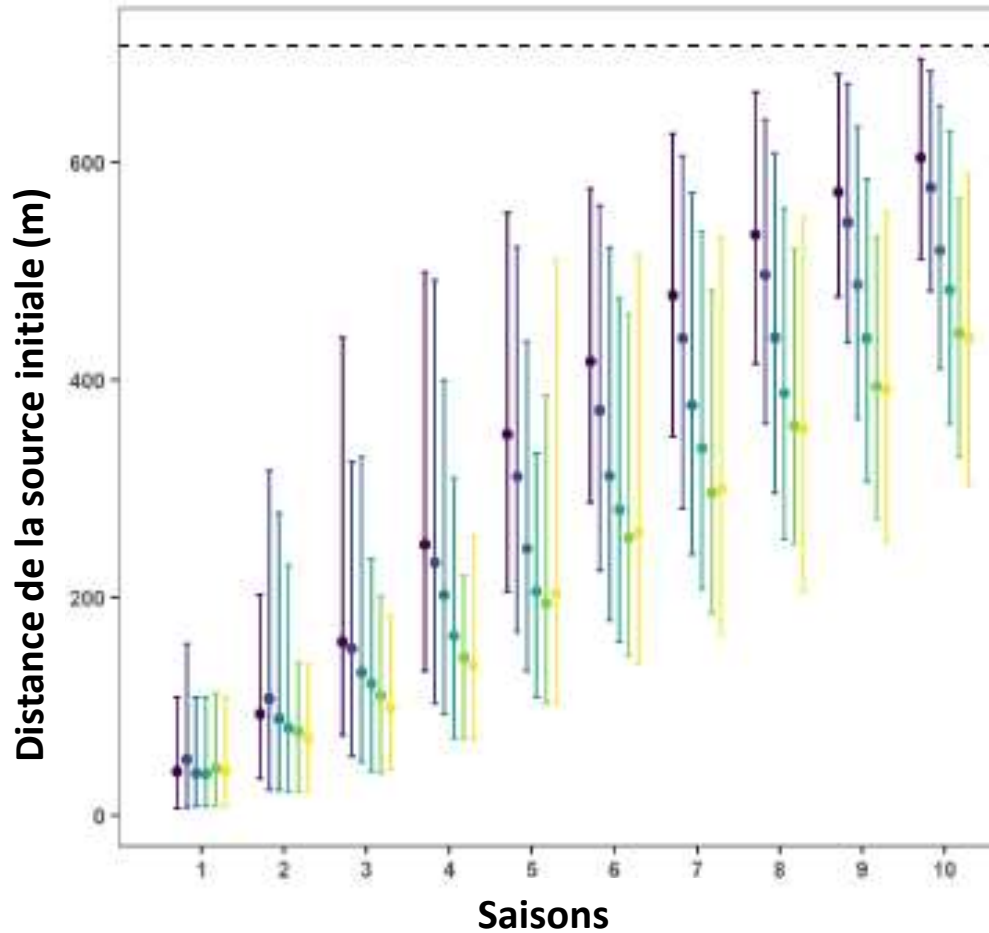


Dispersion à courte distance



- La distance moyenne de transmission sur une année est estimée à 12 m.
- 80 % des événements de dispersion ont lieu dans les 22 m.
- Des événements plus rares entre 50 et 100 m.

- Adrakey *et al.* 2023



← Infections latentes

- L'arrachage est important pour limiter la propagation.
- L'arrachage seul ne suffit pas. Le contrôle de la cicadelle est indispensable.

- Dispersion passive de la cicadelle par les vents

- Dispersion de la cicadelle par les machines

→ Eliminer les rameaux, feuilles restant sur les engins

→ Privilégier les déplacements des zones non infectées vers les zones à risque d'infection.

- Dispersion par les plants de vigne infectés

→ Importance du traitement à l'eau chaude pour éliminer les phytoplasmes avant plantation





Des vignes non gérées qui impactent la maîtrise de la FD

Visualiser l'impact des vignes ensauvagées sur les populations de vecteurs

Vigne :
1 piège tous les 20 m

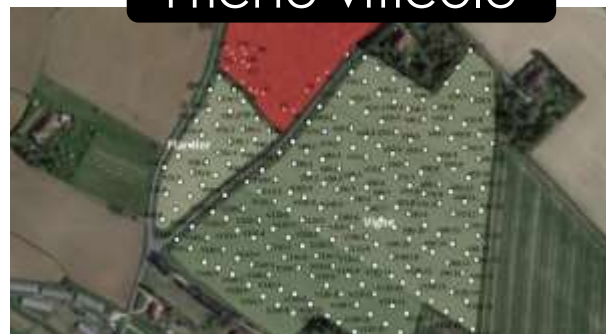


Capture adultes *S. titanus*



Vigne ensauvagée :
Où on peut !

Friche viticole



Géolocalisation de
tous les pièges



Repousses PG

RISCA



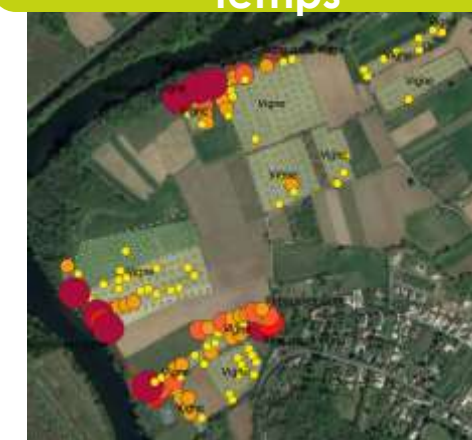
Comptage des
adultes de *S. titanus*



5327 pièges



Cartographie
populations dans le
temps



Cas d'une friche viticole

1 jour après 3^{ème} TO



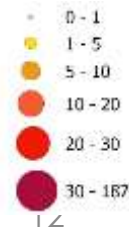
14 jours après 3^{ème} TO



29 jours après 3^{ème} TO



Maitrise des populations de vecteurs par les TO ✓
 Recolonisation rapide = sabotage du travail faits par les TO ☹️
 Friche viticole = réservoir de vecteur de la FD ⚠️



Cas de repousses de porte-greffes

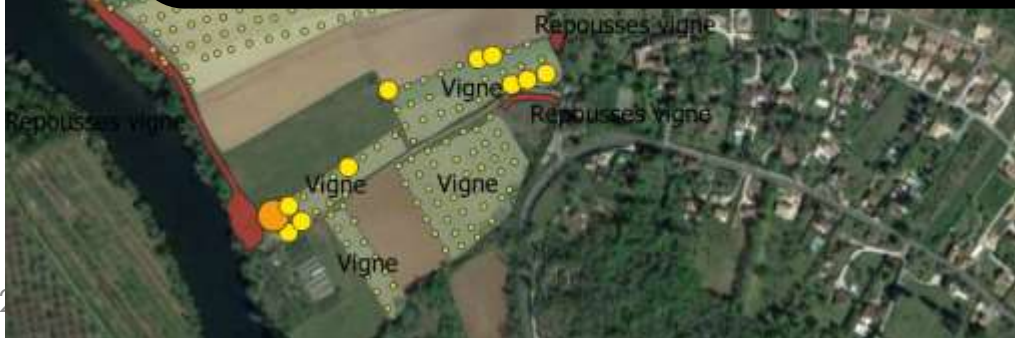
9 jours après 3^{ème} TO



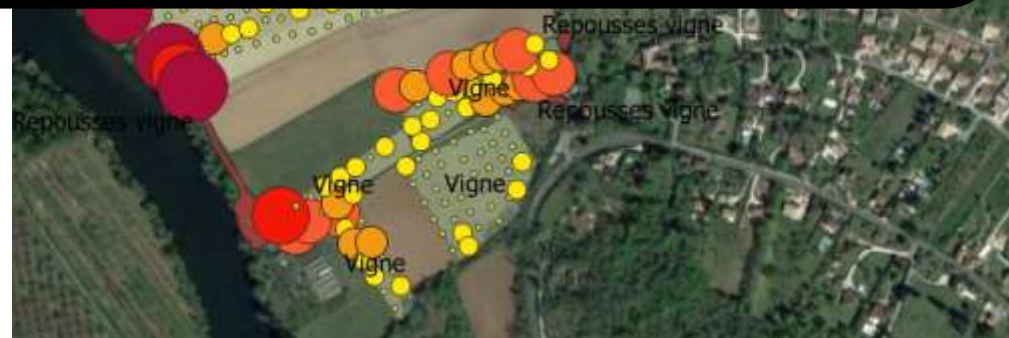
22 jours après 3^{ème} TO



Maitrise des populations de vecteurs par les TO ✓
 Recolonisation rapide = sabotage du travail faits par les TO ☹️
 Repousses de PG = réservoir de vecteur de la FD ⚠️



RISCA





Un vecteur mobile

Comment suivre les mouvements de *S. titanus* ?



Marquage à l'albumine



2020 : rayon 150 m

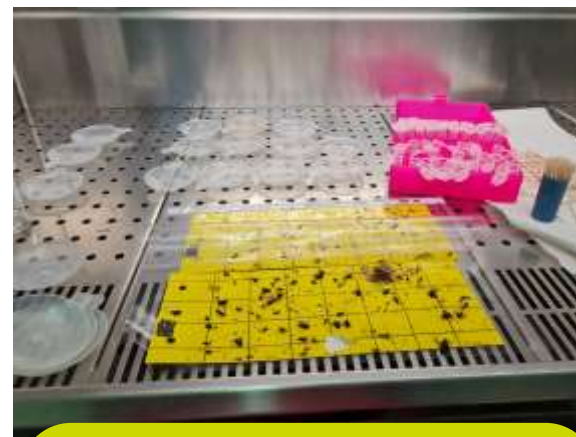


2021 : rayon 230 m

1 piège tous les 20 m



2023 : rayon 450 m



Recherche du marqueur sur chaque adulte par test ELISA



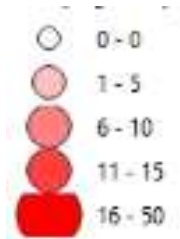
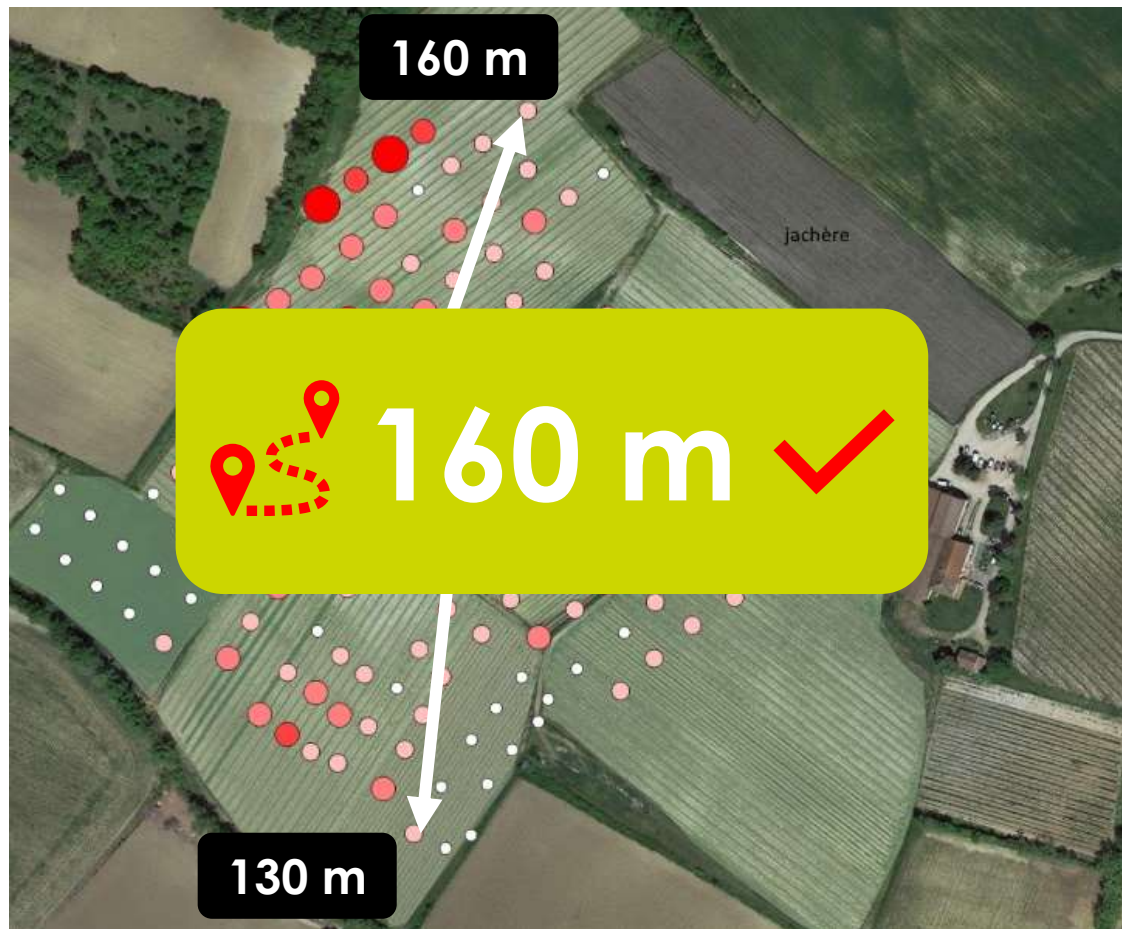
9810 individus

Marqueur détecté ✓

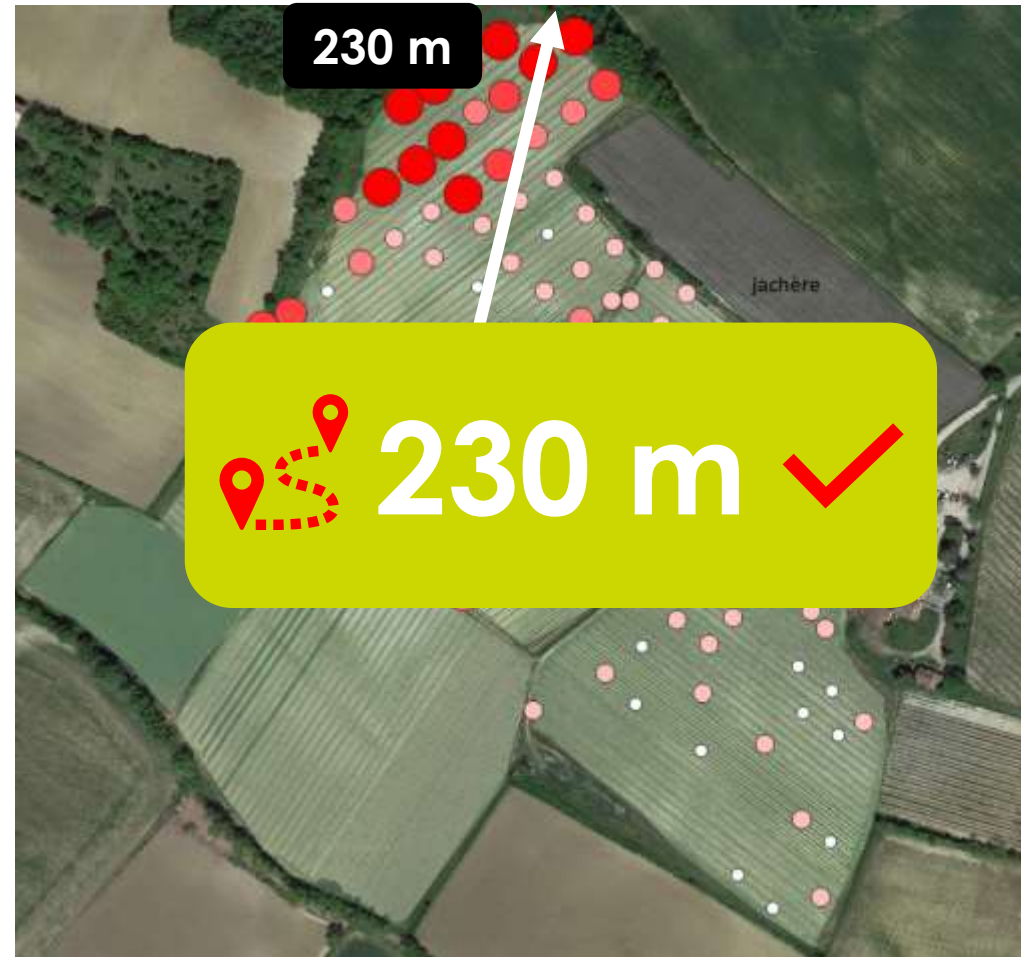


l'insecte est passé par la zone de marquage

2020 : 3388 adultes testés



2021 : 1101 adultes testés



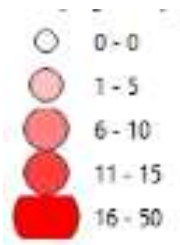


2023 : 141 adultes testés



Distinguer les distances fréquemment parcourues et les distances parcourues ponctuellement

Effets du paysage ?





Les facteurs de risques à l'échelle des paysages

Exploiter les données de prospection

GDON des Bordeaux

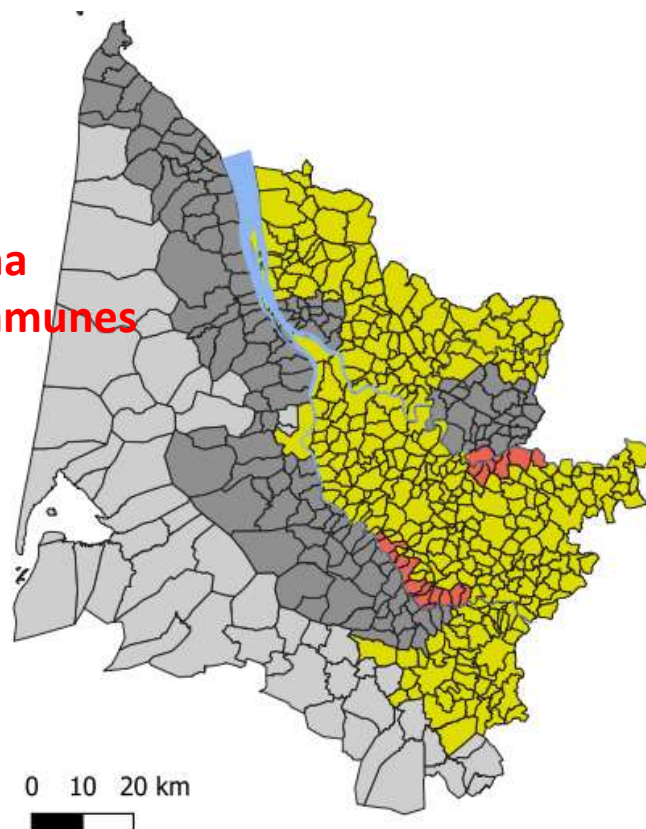
Données de prospection FD géolocalisées à la parcelle depuis 2012

Base de données de dizaines de milliers d'observations, des milliers d'heures de prospection



Credit photo : Alban Gilbert

74 000 ha
348 communes

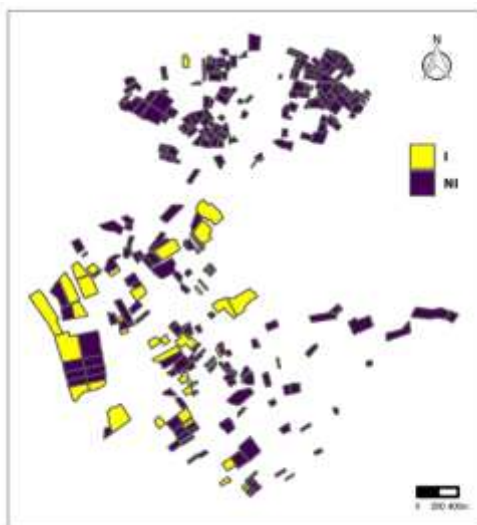


Tirer parti de ces données afin de:

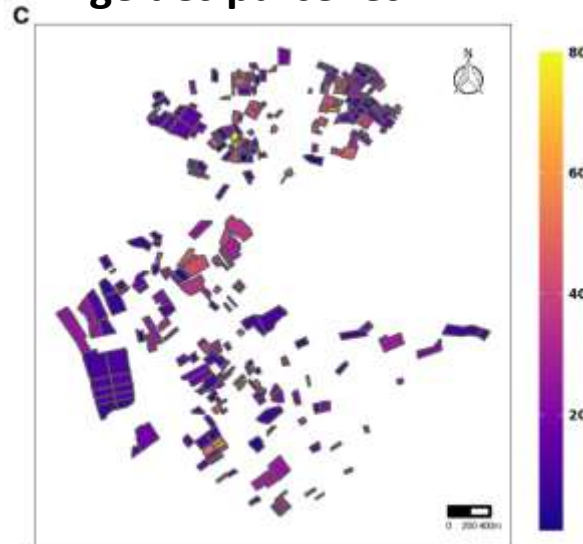
- Mieux comprendre l'épidémiologie de la FD
- Améliorer les stratégies de prospection en ciblant les zones les plus à risque
- Adapter les stratégies de gestion au contexte local de chaque zone viticole

(35000 parcelles sur 5 ans)

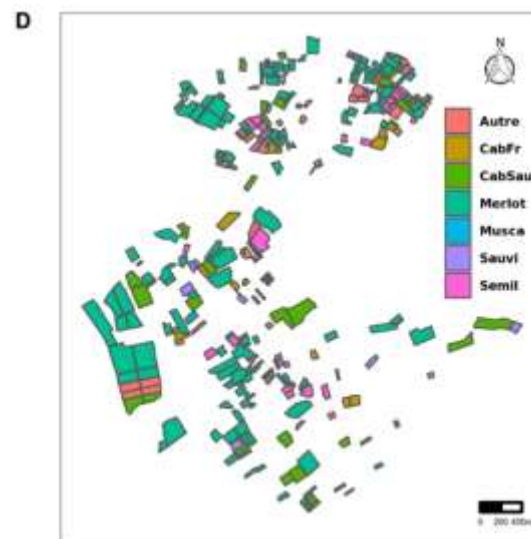
Etat sanitaire FD



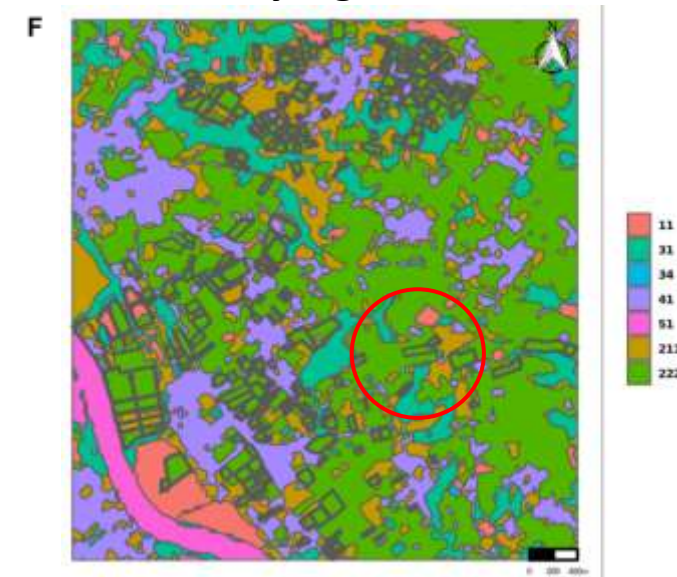
Age des parcelles



Cépages



Paysage



Caractéristiques parcellaires: état infectieux, âge, cépage, densité de plantation, surface, altitude...

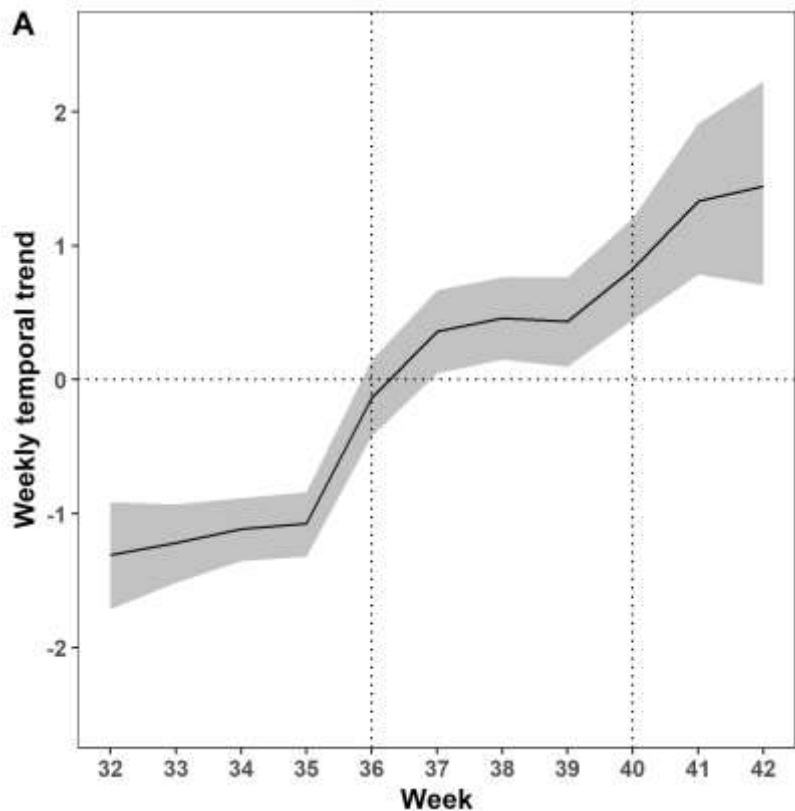
Composition du paysage: vignes, forêts, zones urbaines, zones humides...

Ex. sur une commune du Bordelais

<https://www.plan-deperissement-vigne.fr/recherches/resultats-de-recherche/exploiter-les-donnees-de-prospection-contre-la-flavescence-doree>

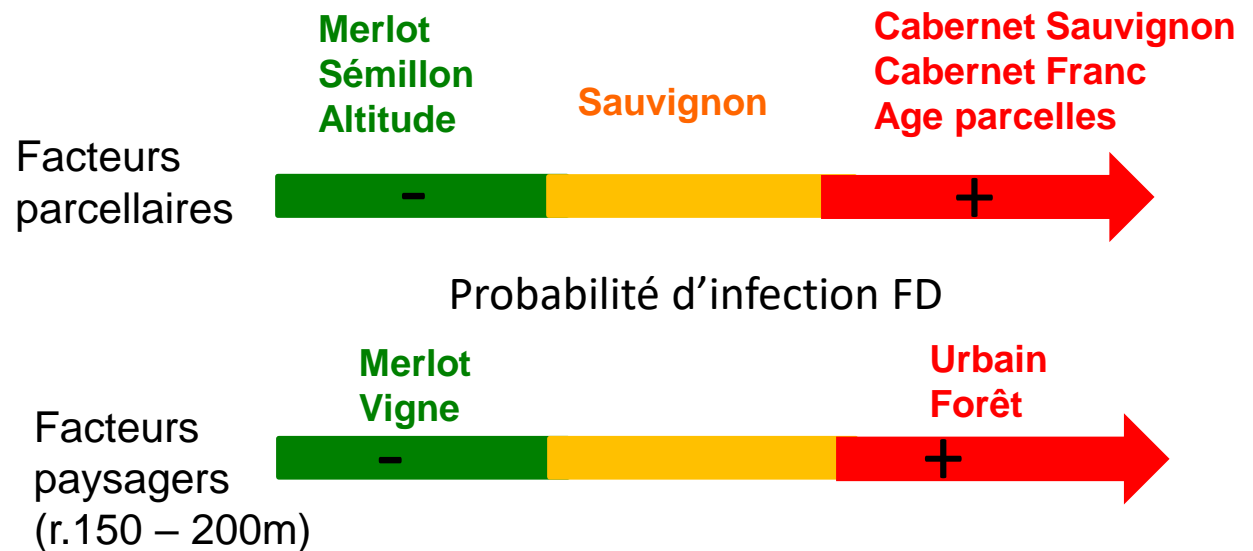
Adrakey et al. 2022

Evaluer les facteurs de risques: approches de statistiques spatiales



→ La probabilité de détection de la FD dépend de la période de prospection.
4 fois plus forte en septembre qu'en août.

<https://www.plan-deperissement-vigne.fr/recherches/resultats-de-recherche/exploiter-les-donnees-de-prospection-contre-la-flavescence-doree>

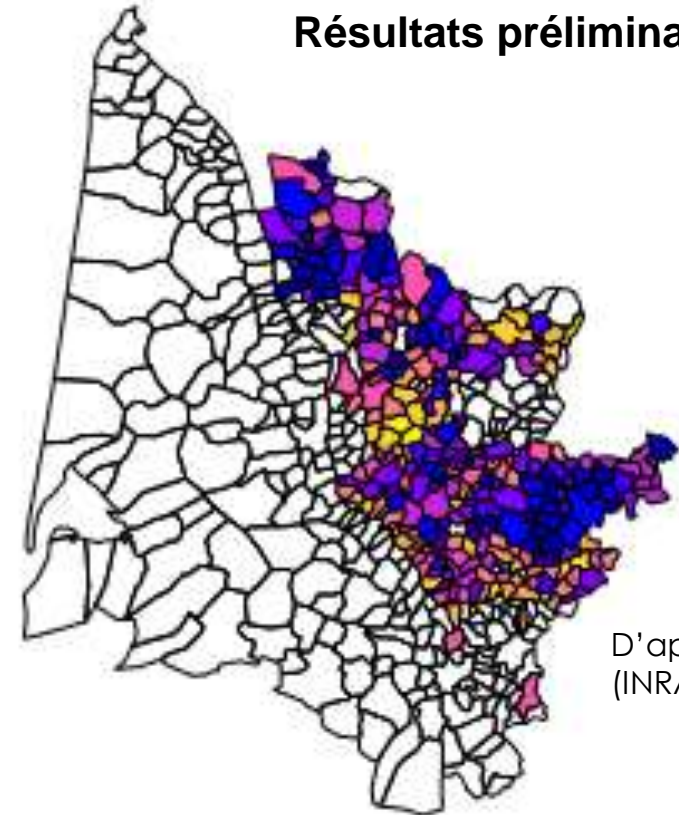


→ La probabilité d'infection par la FD varie avec des facteurs parcellaires et paysagers.

Elaborer des cartes de risque

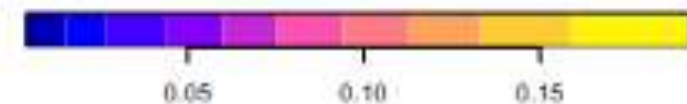
- Bonne performance du modèle pour prédire le statut d'infection à l'échelle communale
- Possibilité d'élaborer des cartes de risques qui vont permettre d'orienter les prospections.

Résultats préliminaires



D'après J.S. Ay
(INRAE Dijon)

Probabilité d'infection FD prédite par le modèle



Travail en cours en Bourgogne et Savoie

- Bourgogne: 222 communes et 24730 ha de vignes, 2013 - 2020
- Savoie: 108 communes et 1980 ha de vignes, 2013-2020

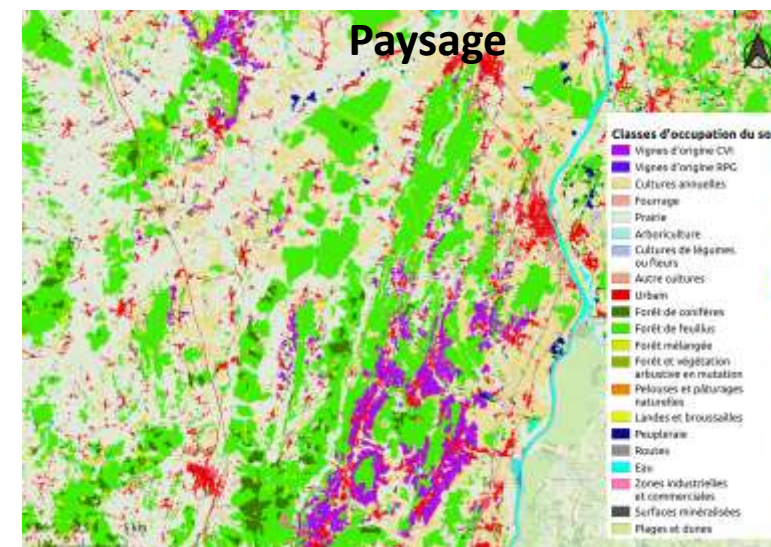
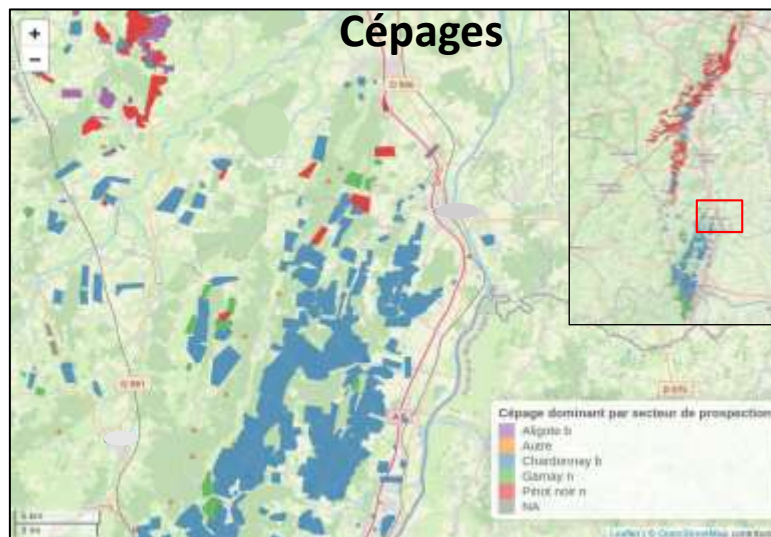
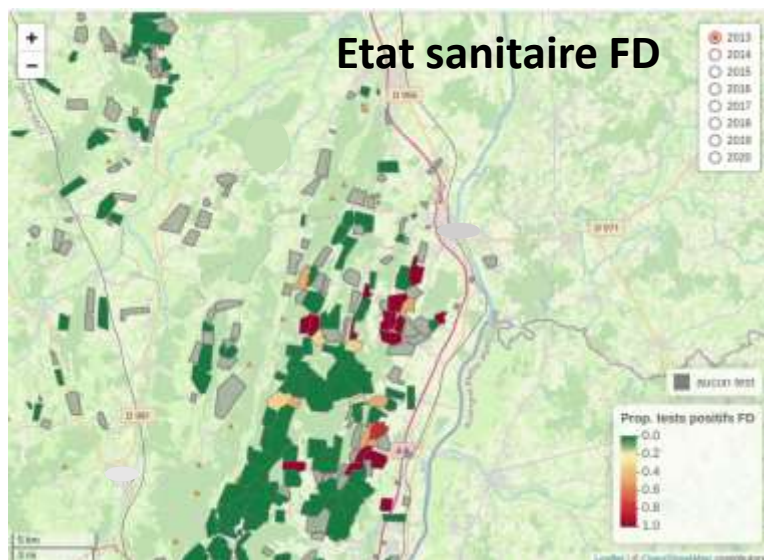


CULTIVER PROTÉGER autrement

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION



ANR





Sensibilité des variétés de vigne à la FD

Observations des prospecteurs

Sensibilité des cépages

Aucun cépage résistant.
On ne connaît pas de cépage qui n'exprime pas de symptômes.

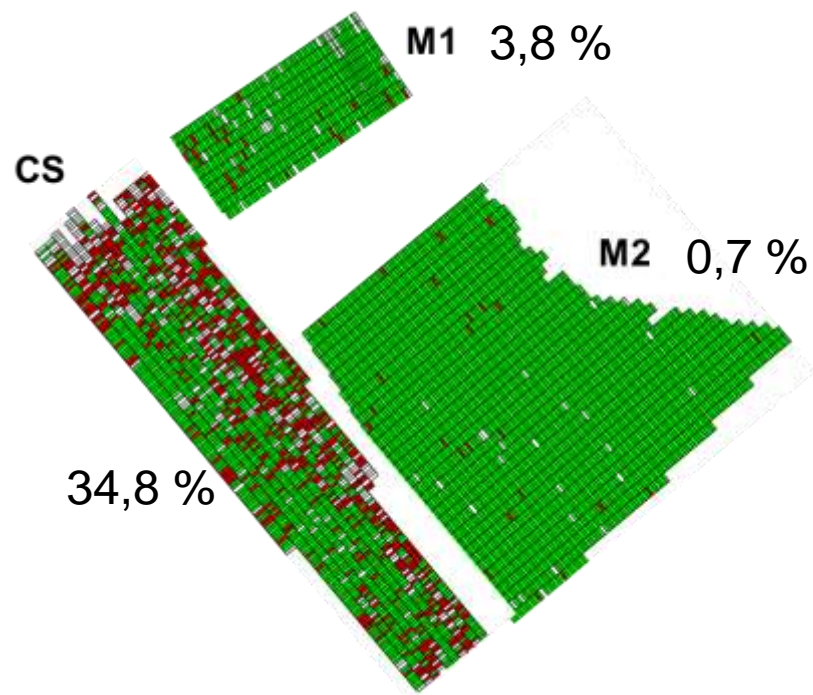
Sensibilité	Cépages (<i>Vitis vinifera</i>)
Peu sensibles	Cot N, Merlot N, Syrah N
Sensibles	Cabernet Franc N, Carignan N, Cinsault N, Colombard B, Gamay N, Mourverdre N, Muscat B, Pinot Noir N
Très sensibles	Alicante bouschet N, Aramont N, Baco blanc B, Carbernet Sauvignon N, Chardonnay B, Grenache blanc B, Grenache N, Sauvignon B, Ugni blanc B

Sensibilité des porte-greffes

Peu d'expression de symptômes (retards végétatifs, défauts de lignification) voire pas d'expression du tout.
Mais porteurs de phytoplasmes.

Expression des symptômes	Variétés de PG (hybrides de <i>Vitis sp.</i>)
Pas de symptômes	5BB, 41B, 161.49C, 5C
Symptômes faibles	101.14MG, 125AA, SO4, 110R, 140Ru
Symptômes (présence des deux indices)	3309C, Fercal, 420 A

Sensibilité Merlot et Cabernet Sauvignon au vignoble (4 sites avec foyer FD en Bordelais)



→ Moins de plants infectés pour Merlot que pour CS



Merlot peu sensible



CS sensible

→ Moins de rameaux atteints sur Merlot que sur CS

→ De 5 à 65 fois moins de phytoplasmes dans Merlot que dans CS

Repousses de porte-greffes ensauvagés autour de parcelles avec foyers FD:

- Peu de symptômes caractéristiques
- 35 % positifs FD
- Fortes quantités de phytoplasmes dans les plantes.

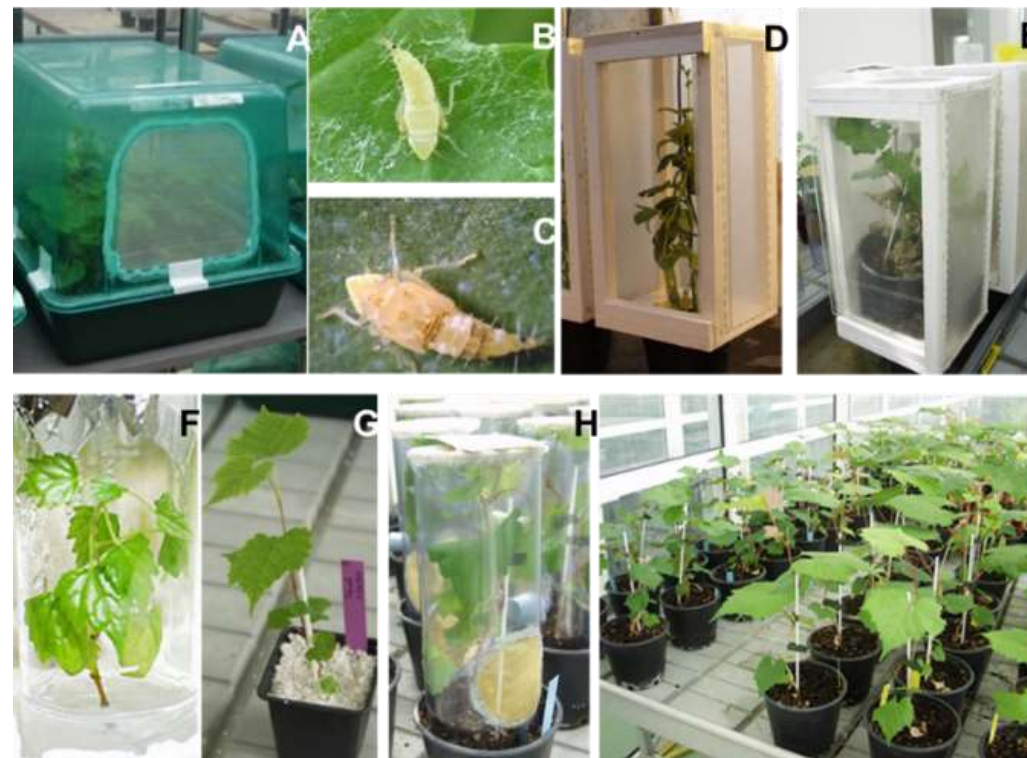
→ **Porte-greffes = porteurs « sains » – réservoirs de maladie**

→ **Risque élevé de recontamination de vignobles assainis**



Eveillard et al. 2016

→ Une méthode de production de plants et d'inoculation par la cicadelle en serre de confinement

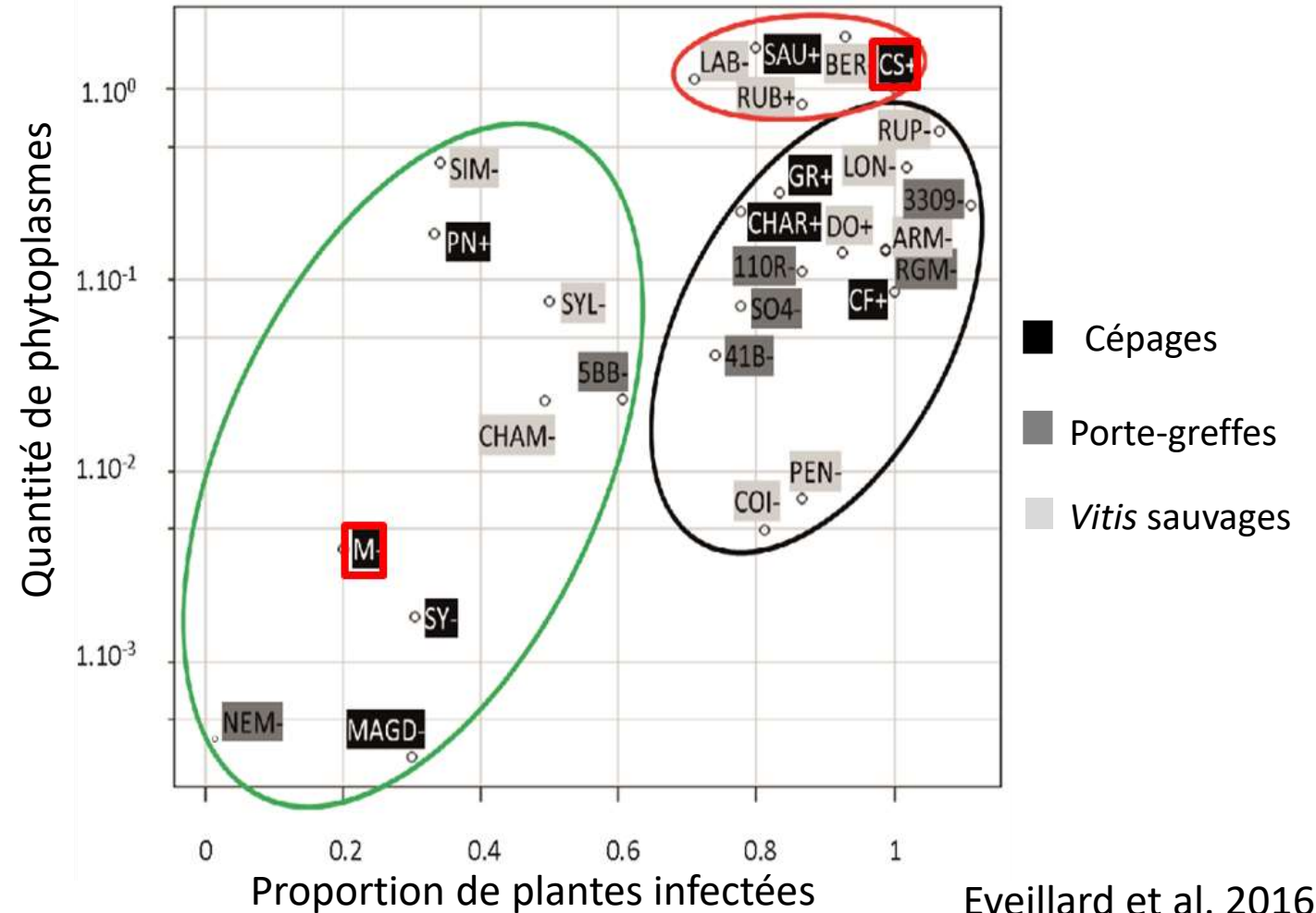


Eveillard et al. 2016

<https://www.plan-deperissement-vigne.fr/recherches/resultats-de-recherche/caracterisation-de-la-sensibilite-la-flavesence-doree-de-cepapes-porte-greffes-et-vitis-sauvages>

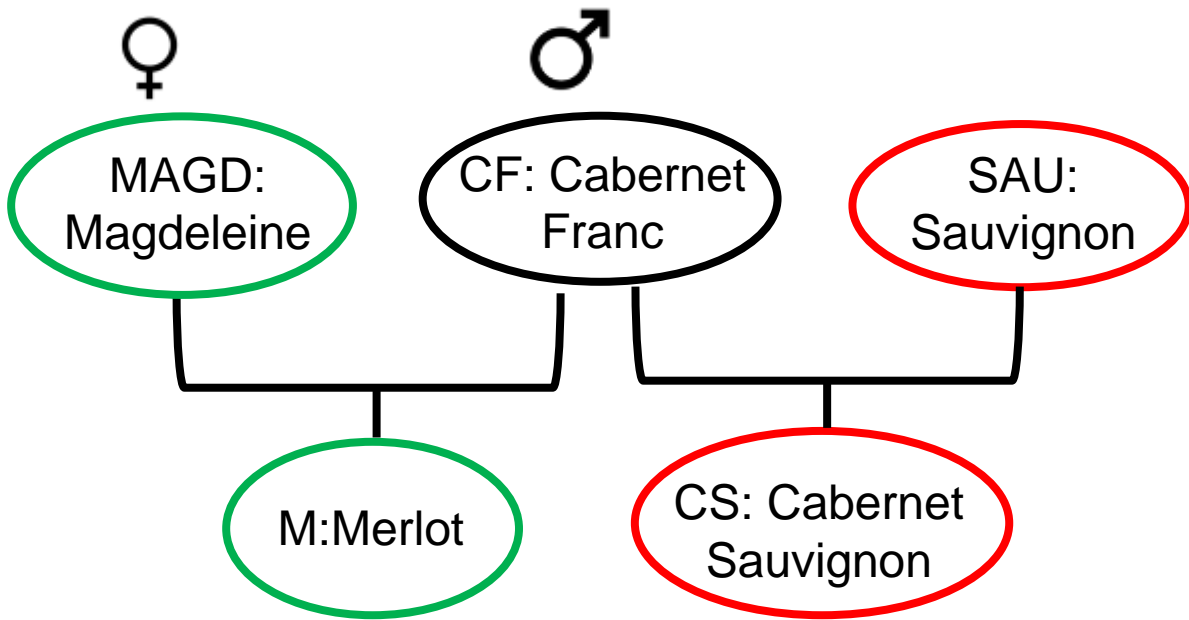
Gamme de sensibilité des principaux cépages, porte-greffes et *Vitis* sauvages en serre

GROUPE VERT Cépages et porte-greffes peu sensibles à la flavescence dorée	PN	Pinot noir
	M	Merlot
	5BB	Kober 5BB
	SY	Syrah
	MAGD	Magdeleine noire des Charentes
GROUPE NOIR Cépages et porte-greffes dont la sensibilité à la flavescence dorée est intermédiaire	NEM	Nemader Alain Bouquet
	GR	Grenache
	CHAR	Chardonnay
	CF	Cabernet franc
	3309	3309 Couderc
	110R	110 Richter
	504	Sélection Oppenheim n°4
	41B	41B Millardet et de Grasset
GROUPE ROUGE Cépages et porte-greffes sensibles	RGM	Riparia Gloire de Montpellier
	SAU	Sauvignon
	CS	Cabernet-Sauvignon



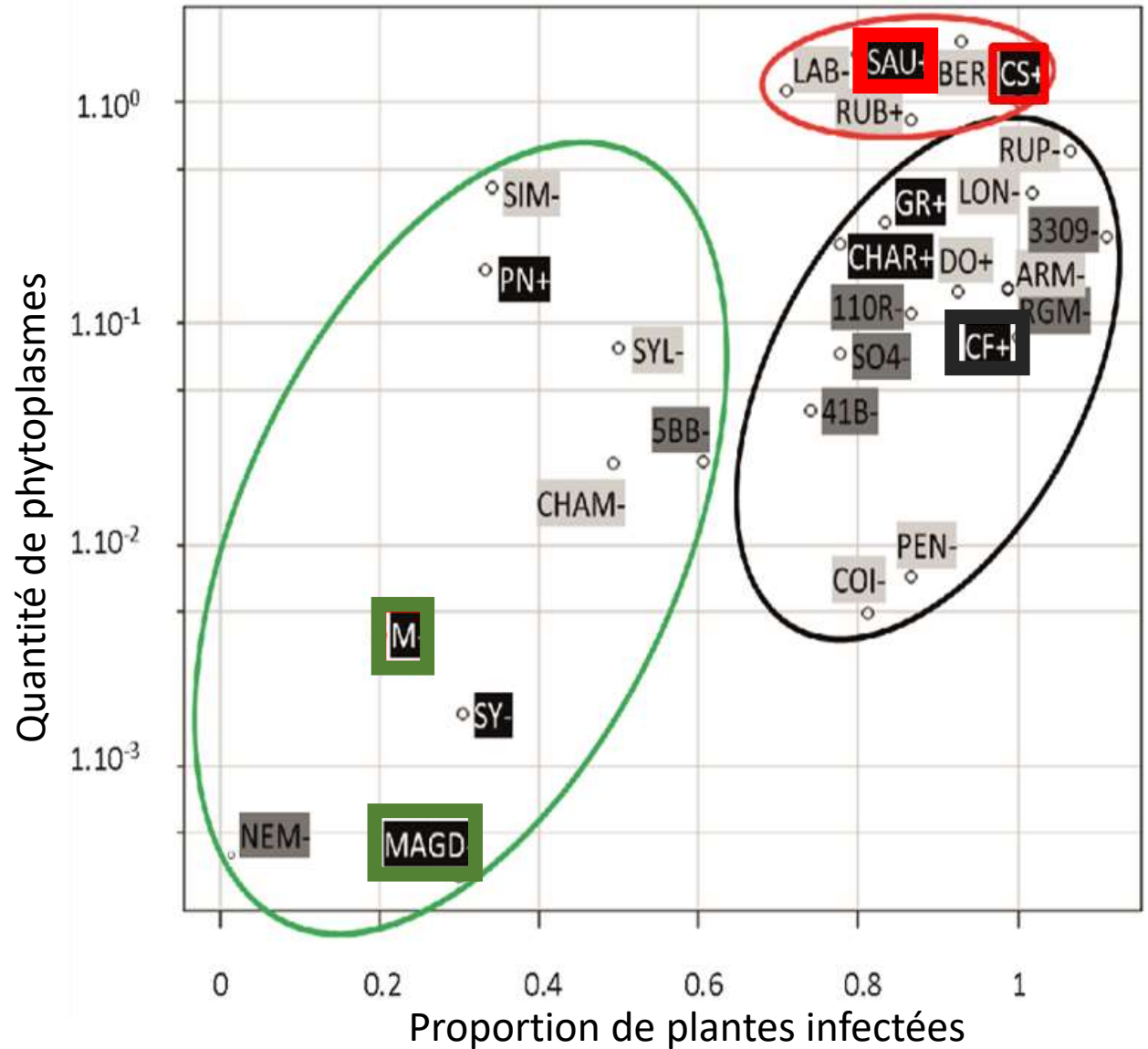
<https://www.plan-deperissement-vigne.fr/outils/carnets-du-plan/carnets-du-plan-2eme-edition>
P 78-79.

Le caractère « peu sensible » est héréditaire



Boursiquot et al. 2009

→ Le Merlot a hérité du caractère « peu sensible » de sa mère, la Magdeleine Noire des Charentes



Réalisation de nouveaux croisements impliquant la Magdeleine Noire des Charentes



MagxCF

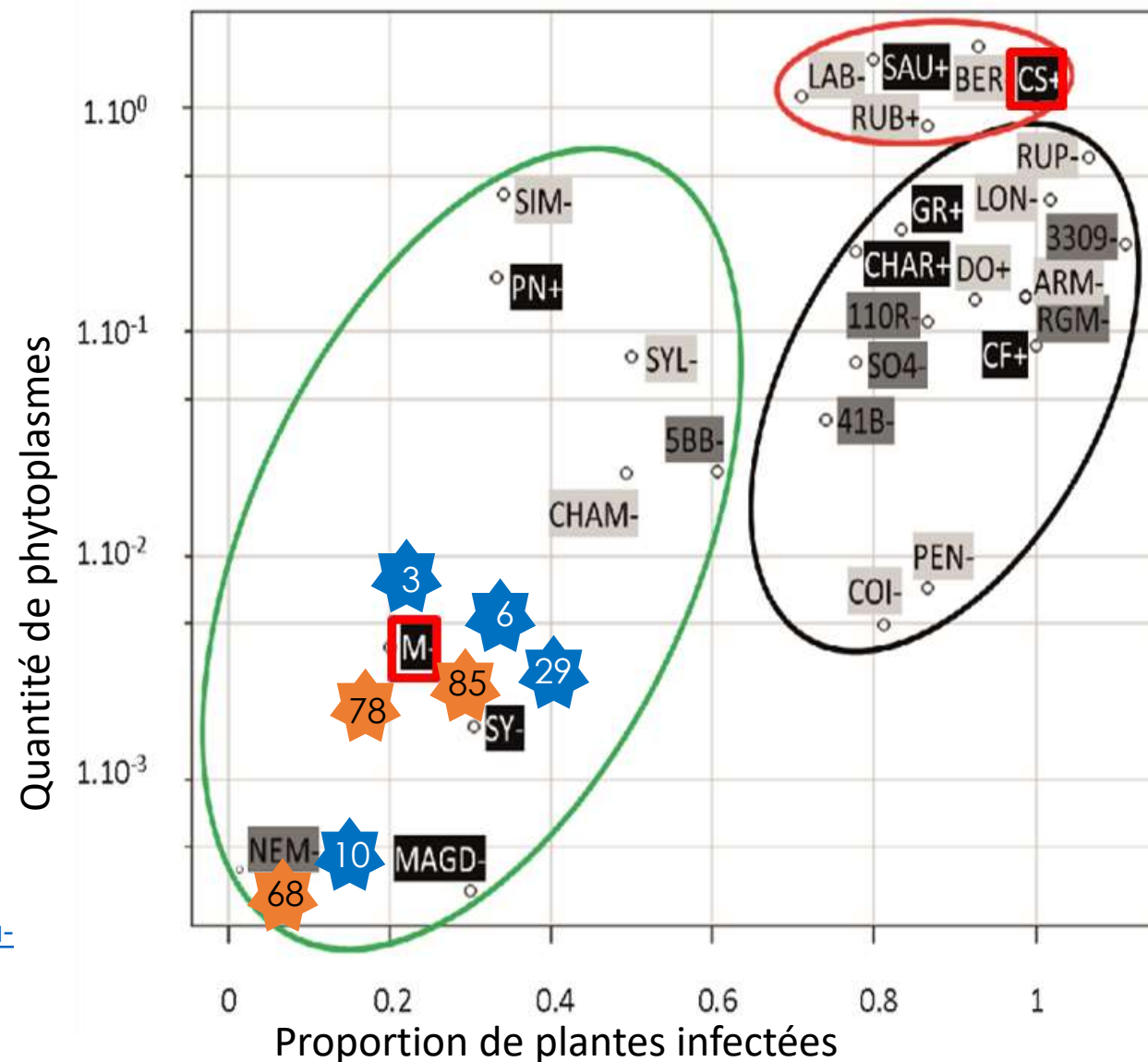


MagxMag

→ 60 descendants testés:
7 sont peu sensibles

<https://www.plan-deperissement-vigne.fr/outils/carnets-du-plan/carnets-du-plan-2eme-edition>

P 78-79.

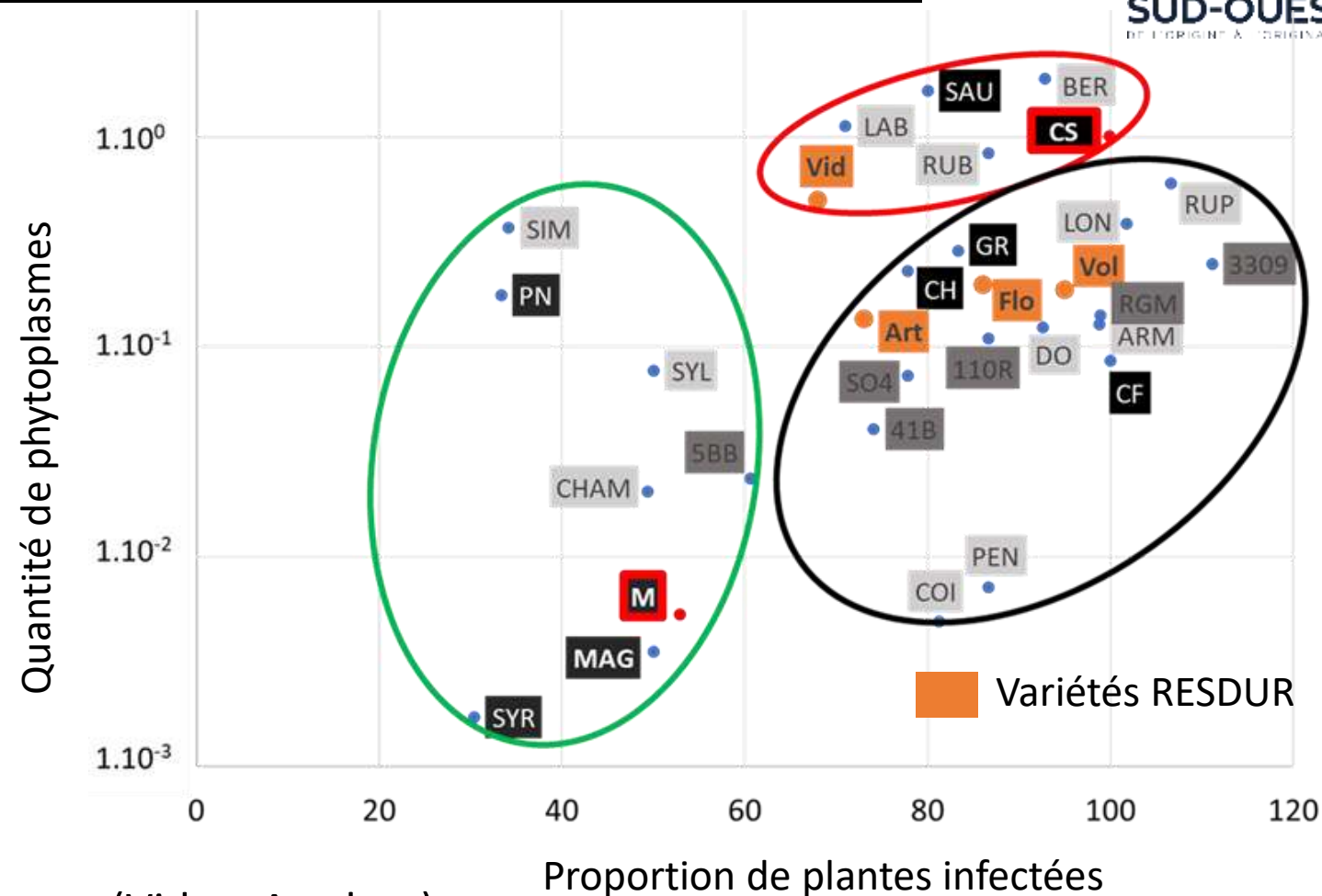




Vidoc



Floreal



- Symptômes très marqués sur les variétés rouges (Vidoc, Artaban)
 - Symptômes très discrets sur les variétés blanches (Floreal, Voltis)
- alors que le phytoplasme est présent → **vigilance au vignoble**

- Elargir la gamme de sensibilité: cépages régionaux suspectés peu sensibles ou dont on ne connaît pas la sensibilité
→ familles génétiques

Analyses et relevés au terrain

Essais en serre de confinement

Savagnin (Jura); Gewurztraminer (Gard); Petit Manseng (Jurançon)

Merlot (Bordelais); Abouriou (Marmandais)

Sémillon (Bordelais)

Petit Verdot (Bordelais)

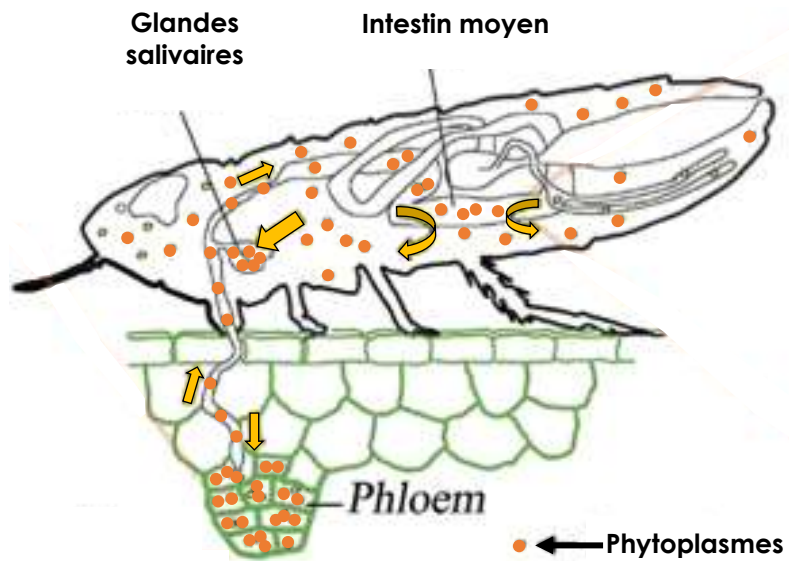
Syrah (Sud-Est); Roussanne (Savoie); Mondeuse blanche (Savoie)



Peut-on bloquer la transmission du phytoplasme?

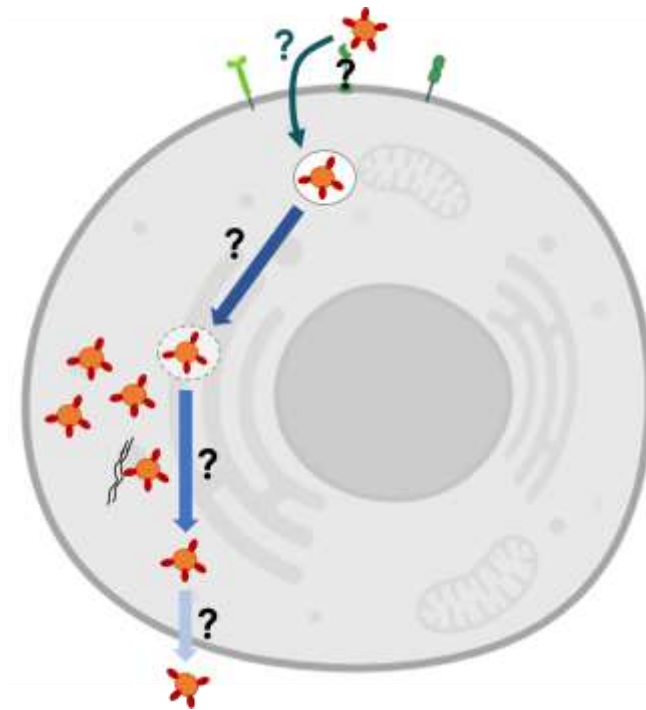


Cycle dans l'insecte vecteur



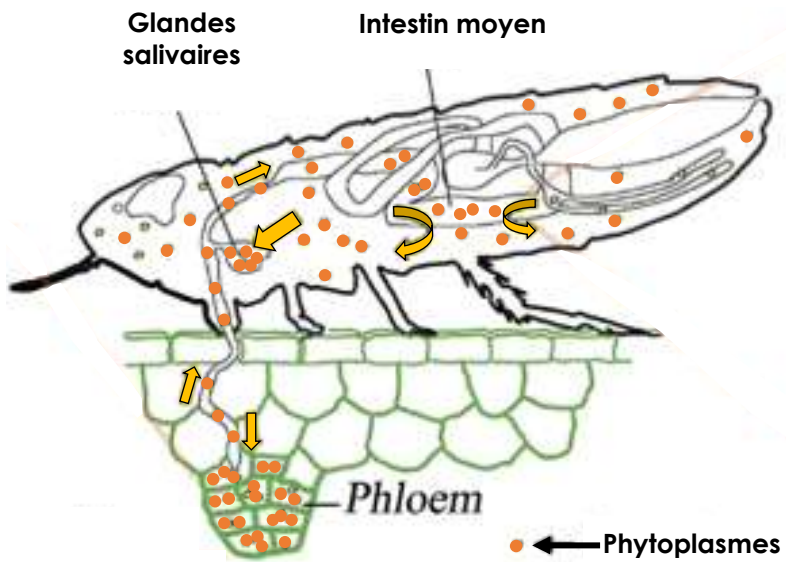
Hoguenhout and Loria, 2008

Cycle dans la cellule de l'insecte vecteur



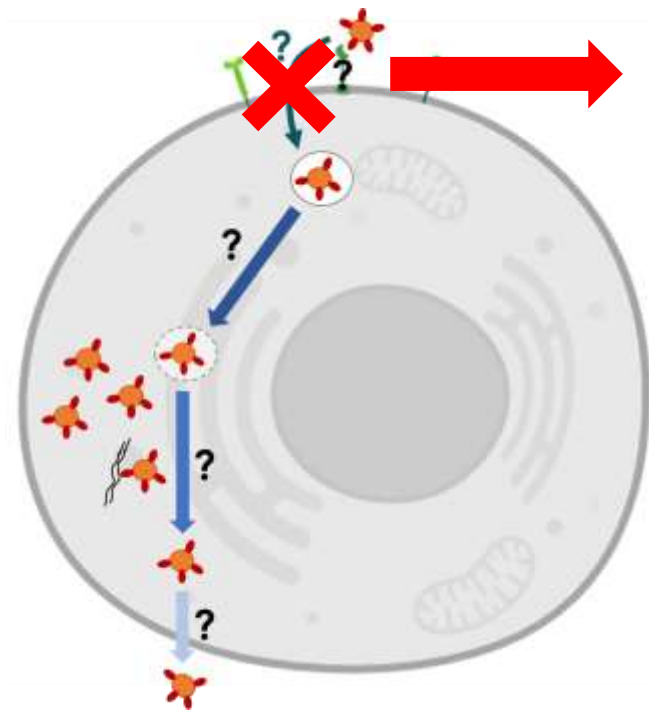
Created in BioRender.com bio

Cycle dans l'insecte vecteur



Hoguenhout and Loria, 2008

Cycle dans la cellule de l'insecte vecteur

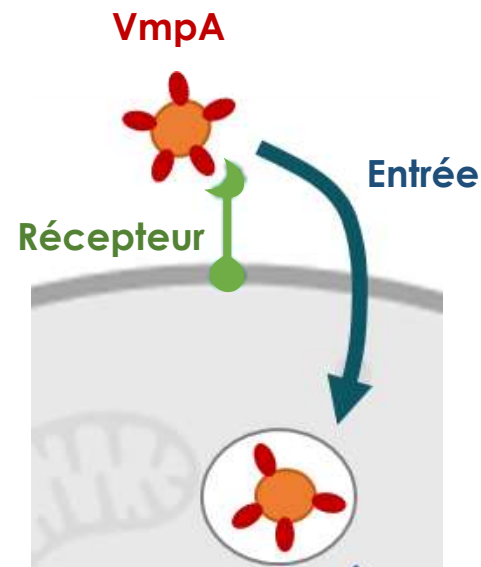


Pas de transmission à la plante

Décryptage des mécanismes d'entrée

*Entrée dans la cellule de
l'insecte vecteur*

Comment fonctionne la reconnaissance
phytoplasme / cellule d'insecte ?



Comment rentrent les phytoplasmes
dans les cellules d'insecte ?

Décryptage des mécanismes d'entrée

Entrée dans la cellule de l'insecte vecteur

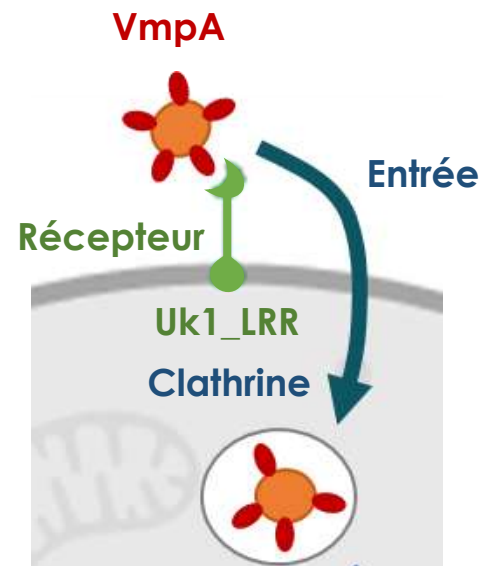
Comment fonctionne la reconnaissance phytoplasme / cellule d'insecte ?

VmpA interagit avec des **glycoprotéines** de surface

Arricau-Bouvery et al., **2021**, *Scientific Reports*

Un récepteur de VmpA serait la protéine **Uk1_LRR**

Canuto et al., **2023**, *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*



Comment rentrent les phytoplasmes dans les cellules d'insecte ?

Décryptage des mécanismes d'entrée

Entrée dans la cellule de l'insecte vecteur

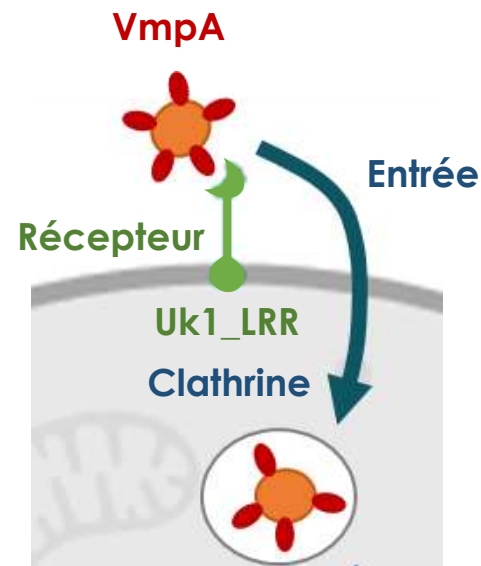
Comment fonctionne la reconnaissance phytoplasme / cellule d'insecte ?

VmpA interagit avec des **glycoprotéines** de surface

Arricau-Bouvery et al., **2021**, *Scientific Reports*

Un récepteur de VmpA serait la protéine **Uk1_LRR**

Canuto et al., **2023**, *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*



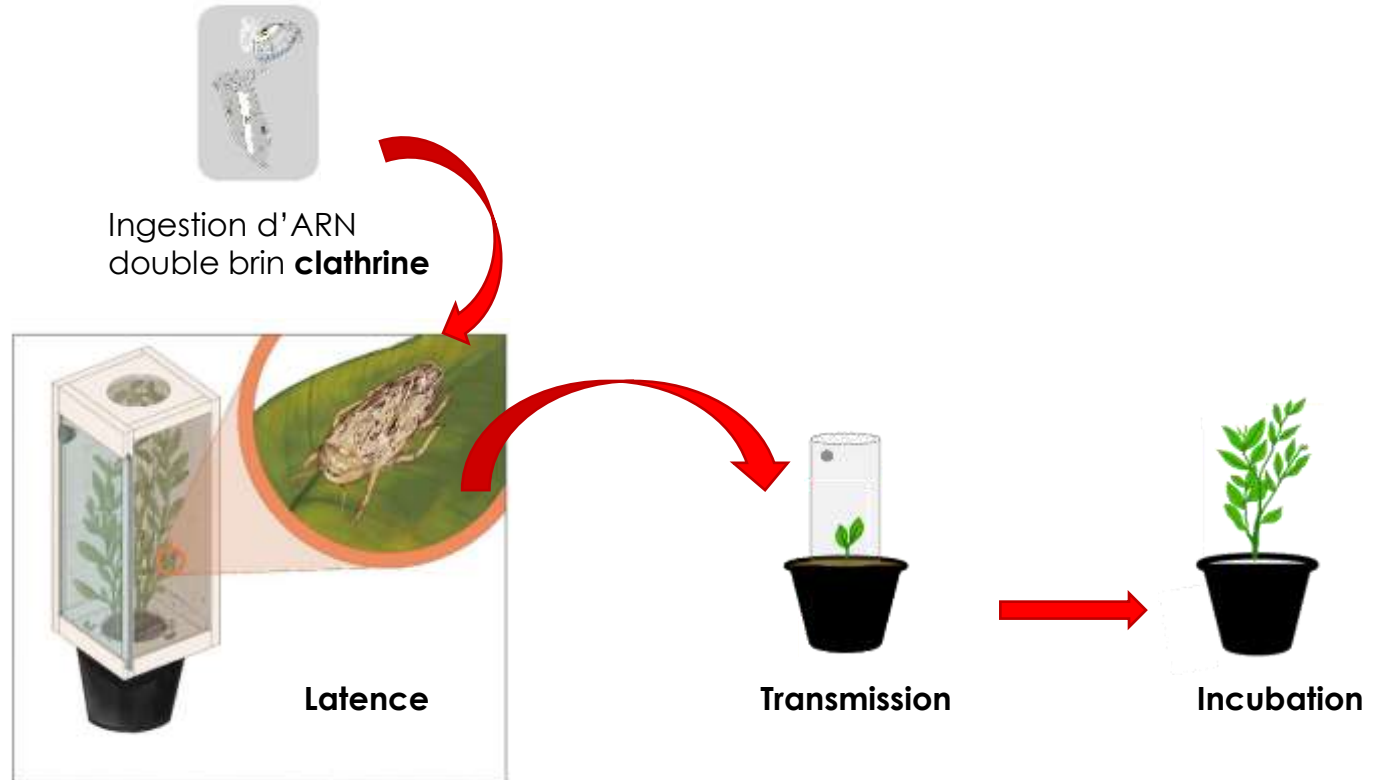
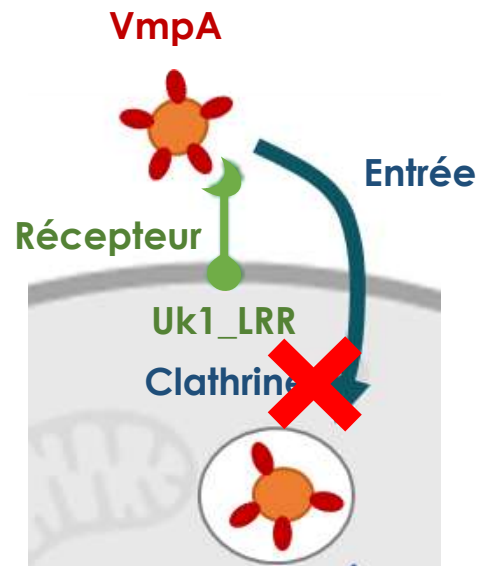
Comment rentrent les phytoplasmes dans les cellules d'insecte ?

Les phytoplasmes utilisent la **clathrine** pour entrer dans les cellules d'insecte

Arricau-Bouvery et al., **2023**, *Scientific Reports*

Utilisation de l'ARN interférence pour inhiber la transmission au laboratoire

Inhibition par RNAi



- **Diminution** de l'**expression** du gène de la clathrine dans l'insecte vecteur et augmentation de la mortalité du vecteur
- **Diminution** de la **quantité de phytoplasme** dans l'insecte

- **Diminution** de la transmission ?

Utilisation de l'ARN interférence pour inhiber la transmission au laboratoire

Inhibition par RNAi



- **Diminution** de l'**expression** du gène uk1_LRR dans l'insecte vecteur et bonne survie du vecteur

- **Diminution** de la **transmission** ?

- **Diminution** de la **quantité de phytoplasme** dans l'insecte ?

Merci aux coordinateurs des projets Risca 1-2, CoAct 1-2 et Beyond, aux porteurs d'actions et à tous les participants



J. Masson, M. Perrin, I., E. Gozlan, E. Paroissien, J.S. Ay, A. Legrand, F. Panziera, M. Barbier, A. Rusch, H.K. Adrakey, S. Dembele, L. Ramajanlaona, F. Fabre, S. Eveillard, D. Desque, T. Lusseau, S. Salar, M. Levillain, P. Salar, E. Blanchandin, S. Pedemay, M. Bocquart, N. Arricau-Bouvery, S. Duret, MP. Dubrana, A. Auriol, X. Foissac, C. Marchal, S. Dedet, O. Martin, L. Riley, L. Michel.



A. Petit, C. Abidon, O. Yobrégat, P. Saccharin, I. Beccavin, Q. Davi, M. Albert et les stagiaires



N. Constant et les stagiaires



S. Bentejac
M. Legoff
C. Labit



C. Bastiat



FREDON
BOURGOGNE
FRANCHE-COMTÉ
AUVERGNE
RHÔNE-ALPES
NOUVELLE AQUITAINE
GRAND-EST

S. Jacob
S. Rébillard
D. Bec
D. Vergnes



DRAAF-SRAL
NA, BFC, AURA, GE

T. Aumonier
D. Crozier
B. Barthelet
A. Dubois
I Riou
M. Delame



S. Julliard



C. Dubus
J. Dureuil



V. Viguès
R. Outhier
C. Cassarini



P. Pienne
A. Bonomelli



VIGNOBLES DU
SUD-OUEST
DE L'ORIGINE À L'ORIGINALITÉ



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Merci de votre attention

Sylvie.malembic-maher@inrae.fr
audrey.petit@vignevin.com

Avec le soutien financier de